



AS DIFERENÇAS DAS TEMPERATURAS DOS ALVOS DIAGNOSTICADAS POR MEIO DE IMAGENS TERMAIS DO SATÉLITE LANDSAT 8 EM PERÍODO SECO E CHUVOSO EM AMBIENTE TROPICAL

Margarete Amorim, Vincent Dubreuil

► To cite this version:

Margarete Amorim, Vincent Dubreuil. AS DIFERENÇAS DAS TEMPERATURAS DOS ALVOS DIAGNOSTICADAS POR MEIO DE IMAGENS TERMAIS DO SATÉLITE LANDSAT 8 EM PERÍODO SECO E CHUVOSO EM AMBIENTE TROPICAL. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOGIA GEOGRÁFICA, Oct 2016, Goiania, Brazil. halshs-01393068

HAL Id: halshs-01393068

<https://shs.hal.science/halshs-01393068>

Submitted on 6 Nov 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AS DIFERENÇAS DAS TEMPERATURAS DOS ALVOS DIAGNOSTICADAS POR MEIO DE IMAGENS TERMAIS DO SATÉLITE LANDSAT 8 EM PERÍODO SECO E CHUVOSO EM AMBIENTE TROPICAL¹

MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM²
VINCENT DUBREUIL³

Resumo

Este artigo tem como objetivo comparar as intensidades das ilhas de calor superficiais diagnosticadas a partir de imagens termais (banda 10) do satélite Landsat 8, em Presidente Prudente, cidade de porte médio localizada no ambiente tropical, em período seco e chuvoso. Além das cartas de temperatura dos alvos foram elaborados gráficos de análise rítmica, segundo a proposta de Monteiro (1971) para se analisar as características do tempo nos dias que antecederam as tomadas das imagens. Os resultados mostraram que as diferenças das temperaturas superficiais entre o rural e o urbano foram elevadas na estação chuvosa. Na estação seca, com o predomínio do solo sem vegetação, as propriedades radiativas das superfícies ficaram semelhantes, homogeneizando as temperaturas entre o rural e o urbano.

Palavras-chave: Ilha de calor de superfície, Landsat 8, Presidente Prudente (SP) - Brasil.

Abstract

Differences in the temperatures of targets diagnosed by thermal imagery of satellite landsat 8 in dry and rainy seasons in a tropical environment

This article aims to compare the intensities of surface heat islands diagnosed from thermal images (band 10) of the satellite Landsat 8 in Presidente Prudente, medium-sized city located in a tropical environment in dry and rainy seasons. In addition to the temperature charts of targets, rhythmic analysis charts were developed as proposed by Monteiro (1971) to analyse the weather characteristics in the days before the taking of images. The results showed that the differences in surface temperatures between rural and urban were high in the rainy season. In the dry season, with the dominance of bare soil, the radiative properties of the surfaces were similar, homogenizing temperatures between rural and urban.

Key-words: Surface heat island, Landsat 8, Presidente Prudente (SP) - Brazil.

1- Introdução

O sensoriamento remoto tem contribuído para o conhecimento detalhado da superfície terrestre, particularmente nos estudos sobre as ilhas de calor superficiais, na medida em que possibilita a compreensão da distribuição das fontes de calor dentro de uma área urbana e as diferenças com as áreas rurais. (AMORIM *et al.*, 2009 a e b; MENDONÇA; DUBREUIL, 2002).

¹ Projetos financiados pela *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)* – Auxílio à pesquisa (2014/16350-3) e Acordo de Cooperação FAPESP/CNRS (2015/50439-4).

² Docente do Programa de Pós-Graduação e da Graduação da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista - UNESP Presidente Prudente - São Paulo – Brasil – Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - mccta@fct.unesp.br

³ Docente em Geografia da Université Rennes II. LETG-Rennes-COSTEL/França - vincent.dubreuil@uhb.fr

Os satélites Landsat 5, 7 e mais recentemente o 8, com sensores de infravermelho termal (banda 6 do Landsat 5 e 7 e bandas 10 e 11 do Landsat 8) permitem a mensuração da temperatura aparente da superfície, podendo-se diagnosticar as ilhas de calor superficiais (VOOGT e OKE, 2003).

As temperaturas dos alvos fornecidas pelos satélites durante o dia apresentam valores superiores às temperaturas do ar (WENG, 2003), deste modo, as imagens de satélite do infravermelho termal oferecem o desenho da temperatura local, sendo um importante instrumento para a comparação entre o rural e o urbano.

O objetivo deste artigo foi comparar as intensidades das ilhas de calor superficiais diagnosticadas a partir de imagens termais (banda 10) do satélite Landsat 8, em Presidente Prudente, cidade de porte médio localizada no ambiente tropical, em período seco e chuvoso.

Presidente Prudente localiza-se à 22° 07' 04" de latitude sul e 51° 22' 57" de longitude oeste, com população de 207.610 habitantes (IBGE, 2010). Caracteriza-se pelo clima tropical continental em área de transição entre as massas tropicais, polares e equatoriais resultando em variabilidade interanual bastante acentuada (AMORIM *et al.*, 2009b). Possui duas estações definidas, um período mais quente (temperaturas médias das máximas entre os 27°C e 29°C) e muito chuvoso (entre 150 e 200 mm mensais) de outubro a março; e outro ameno (com temperaturas médias das mínimas entre os 16°C e 18°C) e menos úmidos (chuvas mensais entre os 20 e 50 mm), entre abril e setembro.

Devido à sua localização, a referida cidade, naturalmente apresenta temperaturas elevadas e a geração das ilhas de calor (atmosféricas e superficiais) são responsáveis pela intensificação do desconforto térmico e conseqüentemente pela diminuição da qualidade ambiental e de vida das pessoas.

2- Material e métodos

Para se analisar a intensidade das ilhas de calor superficiais em período seco e chuvoso em Presidente Prudente foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, banda 10, do canal infravermelho termal/TIRS 1, com resolução espectral de 10.6 – 11.19 µm e resolução espacial de 100 metros, mas tratadas e disponibilizadas com pixel de 30 metros pela USGS (*United States Geological Survey*).

Os procedimentos para a obtenção das temperaturas em grau Celsius (°C) nas imagens de satélite foram realizados no aplicativo *IDRISI*⁴, com a utilização de parâmetros

⁴ Idrisi é marca registrada da Clark University.

fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperaturas Kelvin e finalmente para graus Celsius. Tais procedimentos podem ser obtidos no sítio https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php (acesso 14/02/2016).

Foi feita a correção atmosférica das imagens segundo os princípios disponibilizados pela *Atmospheric Correction Parameter Calculator*⁵, a qual fornece valores locais para *Transmittance*, *Upwelling Radiance* e *Downwelling Radiance*. Para isso foram incluídos os dados da estação meteorológica automática do INMET⁶ localizada na FCT/UNESP de Presidente Prudente. De acordo com Coll et al. (2010), a fórmula que se aplica à correção atmosférica específica da cena é:

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L\uparrow}{\epsilon\tau} - \frac{1-\epsilon}{\epsilon} L\downarrow$$

Where:
CV_{R2} is the atmospherically corrected cell value as radiance
CV_{R1} is the cell value as radiance from Section 1
L \uparrow is upwelling Radiance
L \downarrow is downwelling Radiance
 τ is transmittance
 ϵ is emissivity (typically 0.95)

Fonte: Coll et al., 2010.

Para a seleção da área onde a cidade está inserida, nas imagens de satélite, foi importada e sobreposta a base cartográfica, contendo os limites dos setores censitários, disponibilizada pelo IBGE⁷.

Para se analisar as diferenças de temperaturas dos alvos em dias representativos dos períodos seco e chuvoso, foram selecionadas as imagens tomadas nos dias 24/08/2014 (representativa do período seco) e do dia 30/10/2015 (representativa do período chuvoso), da órbita 222, ponto 75, do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), do sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), 10h22 (hora local).

Para o cálculo das intensidades das ilhas de calor foram consideradas as diferenças de temperaturas intraurbana em relação ao ambiente rural próximo, por meio de imagens termais do satélite Landsat 8 em Presidente Prudente. Partiu-se da menor temperatura

⁵ <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

⁶ INMET - A707 – Presidente Prudente/SP - Latitude 22°07'S; Longitude 51°24'W; Altitude 435,55m.

⁷ IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=354140&idtema=1&search=sao-paulo|presidente-prudente|censo-demografico-2010:-sinopse->>>. Acesso: fevereiro, 2016.

registrada na cena, sendo esta considerada como o ponto “0” e, a partir dela, foram calculadas as diferenças de temperaturas dos alvos (por pixel), para que fosse possível reconhecer um padrão de aquecimento dos diferentes tipos de alvos.

As bandas 3, 5 e 4 do satélite Landsat 8 foram utilizadas para a elaboração de uma composição colorida (Figura 1) com o objetivo de diferenciar as áreas urbanas e rurais. As aplicações das referidas bandas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1- Intervalo espectral e aplicações das bandas 3, 5 e 4 do satélite Landsat 8

Banda	Intervalo espectral	Aplicações
3- Green	0.53 – 0.59 μm	Evidencia a vegetação para a avaliação do vigor das plantas
5 - Near Infrared	0.85 – 0.88 μm	Evidencia o teor de biomassa
4 - Red	0.64 – 0.67 μm	Discrimina a vegetação em função do conteúdo em clorofila

Fonte: http://landsat.usgs.gov/best_spectral_bands_to_use.php (acesso: 16/02/2016)

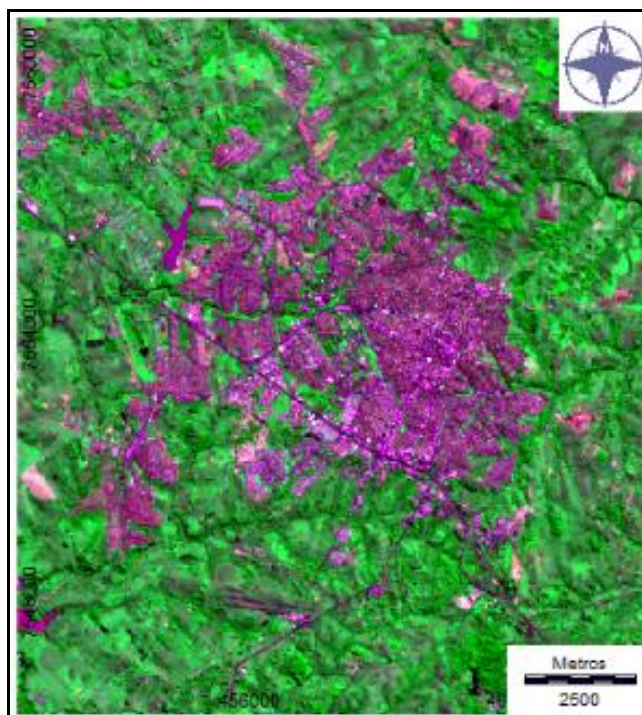


Figura 1 - Composição colorida de Presidente Prudente (SP), elaborada a partir das bandas 3, 5 e 4 da imagem Landsat 8, 24/08/2014.

Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Organização: AMORIM (2016)

Para a análise das características do tempo nos dias que antecederam a tomada das imagens foram elaborados gráficos de análise rítmica, segundo a proposta de Monteiro (1971).

3- Resultados

Nos dois dias de tomada das imagens de satélite do Landsat 8, tanto no dia representativo do período chuvoso (30/10/2015) como no seco (24/08/2014), havia estabilidade atmosférica (ausência de nuvens, de precipitação e ventos fracos). Conforme se verifica nos gráficos de análise rítmica (Figuras 2 e 3), as condições atmosféricas estavam muito parecidas nos dois dias, com ventos fracos do quadrante leste (leste e nordeste, respectivamente). A máxima temperatura do ar no dia 30/10 foi de 33,5°C e a mínima de 19,5°C. No dia 24/08, a máxima foi de 34,2°C e a mínima de 20,9°C.

Entretanto, no que se refere aos totais de precipitação nos dias que antecederam a tomada das imagens de satélites utilizadas neste artigo, as características foram muito diferentes. No mês de agosto de 2014, foi registrado o total de 16mm no dia 13 (Figura 2), sendo este valor abaixo da média do período de 1961 a 2015 que foi de 36,1mm.

Já no mês de outubro de 2015, foi registrado o total de 242mm, decorrente da penetração de frentes, sendo este valor muito acima da média do período de 1961 a 2015 que foi de 124,7mm. Segundo informações do CPTEC⁸ o fenômeno El Niño atingiu a categoria forte no trimestre agosto, setembro e outubro de 2015. Em Presidente Prudente verificou-se a ocorrência de precipitação em 10 dias distribuídos ao longo do mês (Figura 3), proporcionando a manutenção de umidade no solo, particularmente no entorno rural próximo.

Estudos realizados sobre a temperatura da superfície em Presidente Prudente utilizando-se de imagens do satélite Landsat na estação chuvosa, mostraram ilhas de calor de superfície de muito forte magnitude (acima de 8°C), destacando-se as altas temperaturas nos diferentes materiais urbanos, quando comparados com as pastagens e alguns fragmentos de vegetação arbórea no ambiente rural (AMORIM *et al.*, 2009b; AMORIM e MONTEIRO, 2011; CARDOSO e AMORIM, 2014).

⁸ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos -
http://infoclima1.cptec.inpe.br/index_prog.shtml

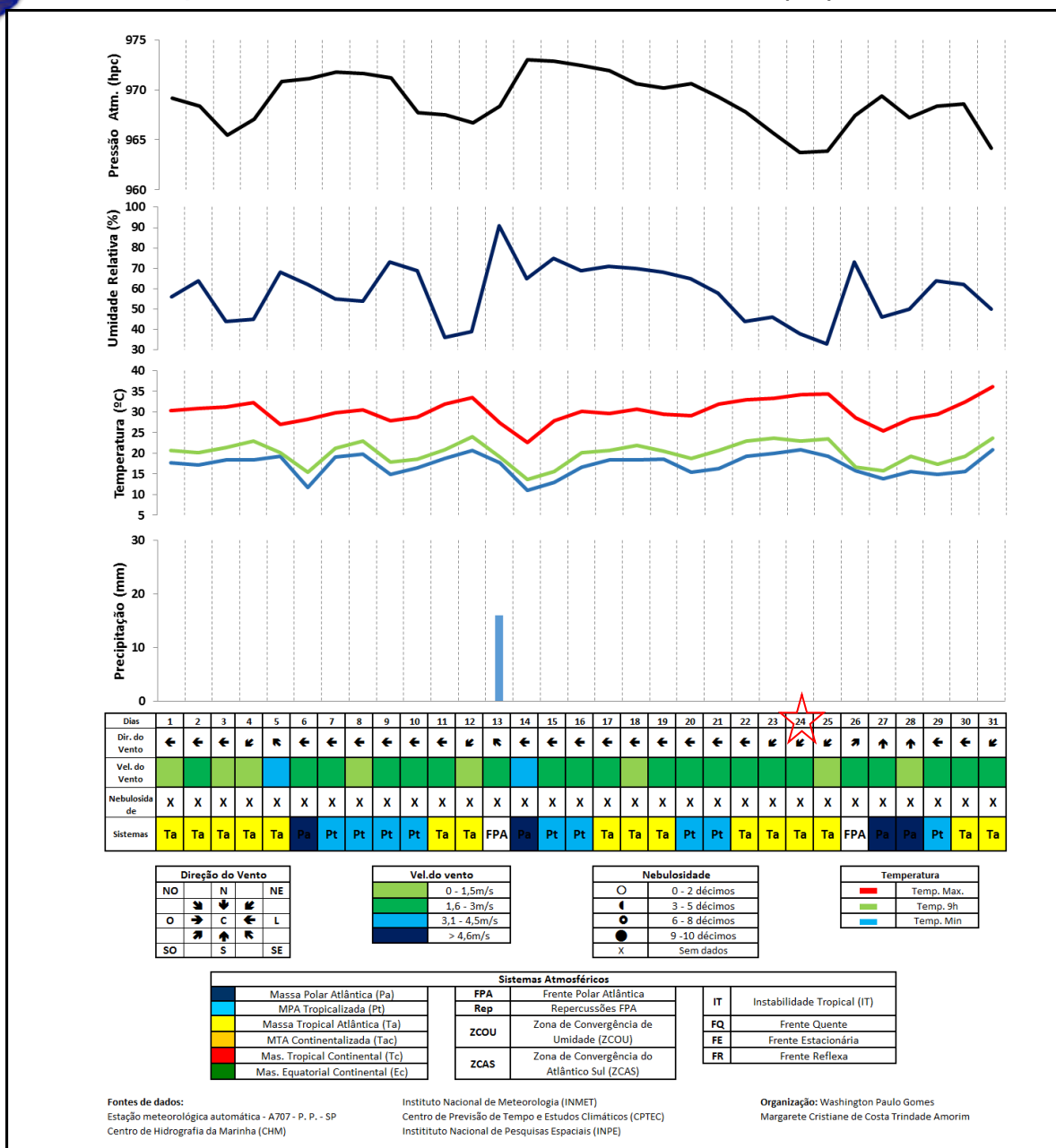


Figura 2 – Análise rítmica do mês de agosto de 2014 – Presidente Prudente/SP
 Organização: AMORIM (2016)

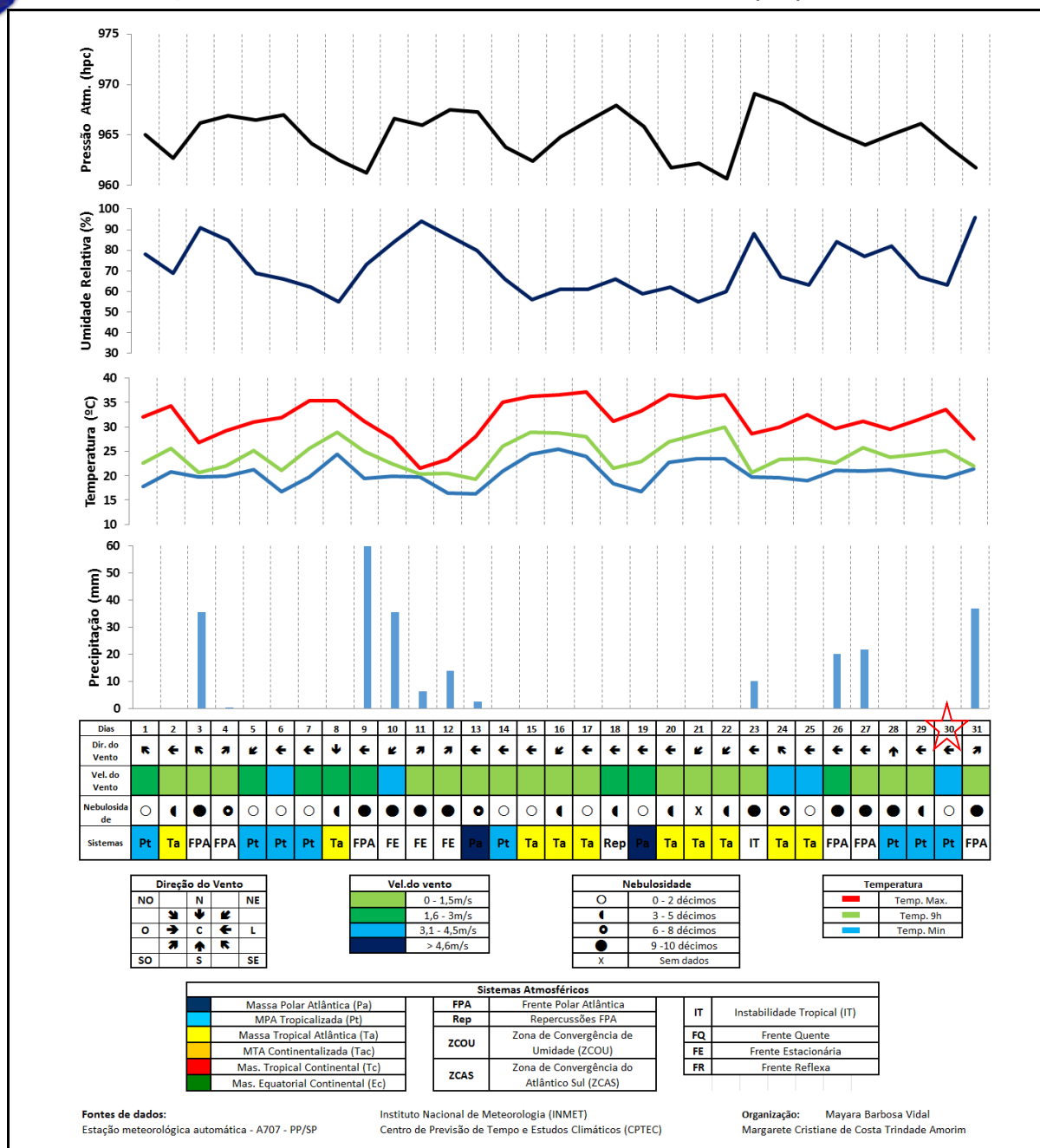


Figura 3 – Análise rítmica do mês de outubro de 2015 – Presidente Prudente/SP

Organização: AMORIM (2016)

Na Figura 4, evidencia-se o exemplo das diferenças das temperaturas dos alvos no dia representativo do período chuvoso e, na Figura 5, as diferenças no dia representativo do período seco. Cabe destacar que tais diferenças se referem a menor temperatura registrada em cada cena, que foi considerada como sendo "0"°C. Comparando-se os alvos urbanos e rurais foi diagnosticada, no dia 30 de outubro, ilha de calor de 9°C de intensidade, sendo os bairros densamente construídos e com coberturas de fibrocimento os mais quentes em

relação às áreas com densa cobertura arbórea. Em termos absolutos, a menor temperatura do alvo registrada neste dia foi de 26,67°C, nas áreas com fragmentos de vegetação arbórea, predominantemente nos fundos de vale (sendo este valor considerado “0”°C na Figura 4).

No dia 24 de agosto, a menor temperatura na cena foi de 24,57°C registrada em superfície líquida localizada na área noroeste na divisa do perímetro urbano (considerada como “0”°C na Figura 5). Foi utilizada a mesma escala de cores para se representar as diferenças nas duas cenas e assim se verificar os contrastes das temperaturas dos alvos entre o urbano e o rural na imagem do período chuvoso e certa homogeneização das mesmas no período seco. No caso da estação seca, é muito difícil ver a diferença entre a zona rural e a zona urbana. Os contrastes maiores de temperaturas estão entre as áreas com densa cobertura arbórea e os outros alvos, seja na área rural ou na intraurbana.

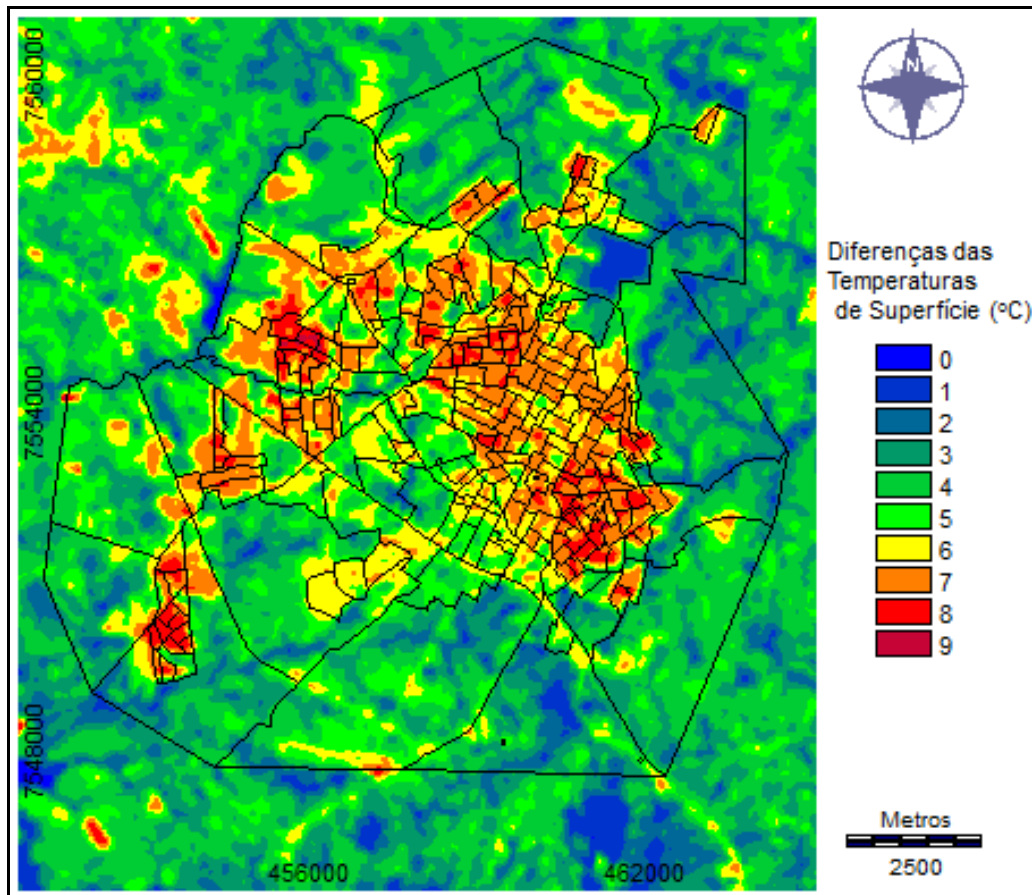


Figura 4 – Presidente Prudente: Carta das diferenças das temperaturas das superfícies gerada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do Landsat-8 de 30/10/2015.

Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Organização: AMORIM (2016)

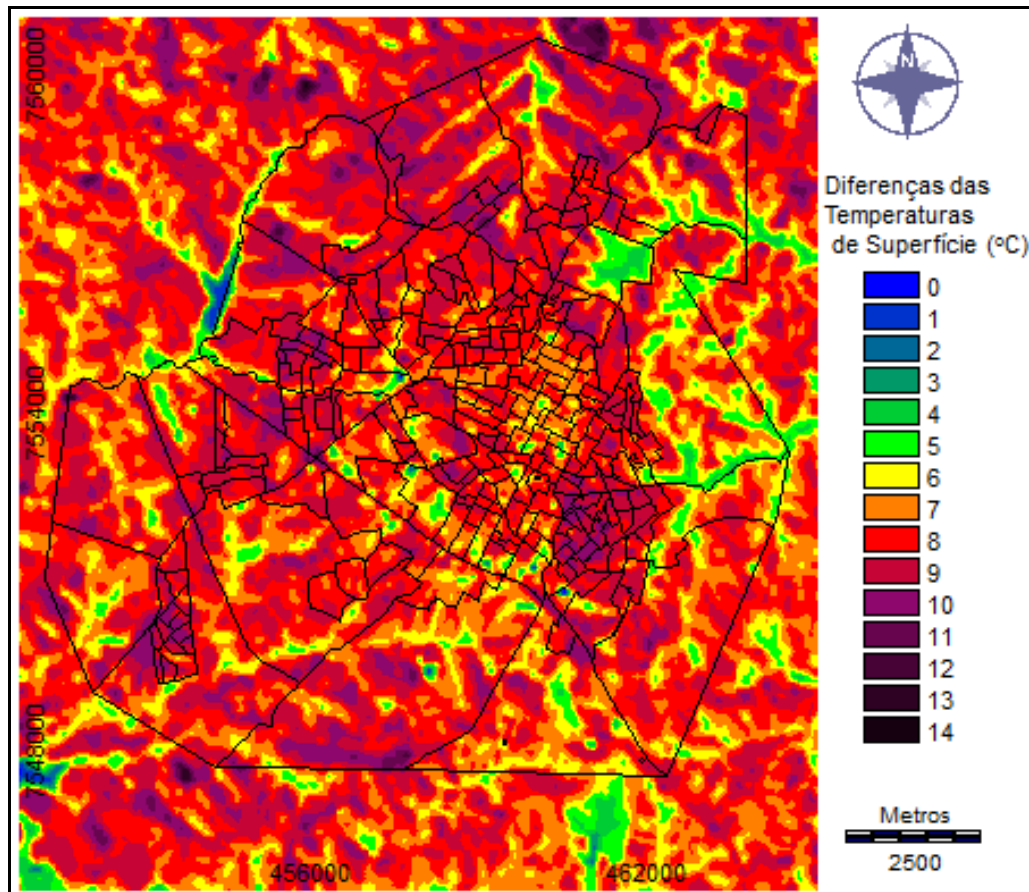


Figura 5 – Presidente Prudente: Carta das diferenças das temperaturas das superfícies gerada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do Landsat-8 de 24/08/2014.
 Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Organização: AMORIM (2016)

A vegetação depende da precipitação para se manter exuberante. No período chuvoso, a vegetação rasteira (pastagem), predomina no entorno rural de Presidente Prudente. Há também alguns fragmentos de vegetação arbórea, particularmente nos fundos de vale, que possuem folhas bem desenvolvidas e possibilitam que o ambiente rural apresente temperaturas dos alvos menores do que as áreas construídas e com solo exposto. A superfície coberta por vegetação tem maior capacidade térmica e precisa de maior quantidade de energia para que sua temperatura aumente 1°C quando comparados com os materiais presentes no ambiente urbano (JENSEN, 2009).

O solo coberto por vegetação perde energia através da evaporação e da evapotranspiração que transforma calor sensível em calor latente e o transfere para a atmosfera sem que ocorra aumento de temperatura (JENSEN, 2009). Desta forma, no campo coberto pela vegetação, mesmo que predominantemente rasteira, a temperatura será menor porque a evaporação e a evapotranspiração fazem com que ao mesmo tempo

em que recebe energia, parte desta é liberada sem gerar aumento da temperatura do ar devido ao fluxo de calor latente.

Nos períodos de estiagem, além da diminuição da umidade do solo, há o declínio da vegetação e, conseqüentemente, da evaporação e da evapotranspiração. Com o solo exposto, a temperatura da superfície tende a ser mais elevada e, em alguns casos, maiores do que os ambientes construídos (Figura 5). O albedo é reduzido em superfícies de solo exposto e retêm mais calor. Apenas nas áreas com cobertura vegetal arbórea as temperaturas são menores.

4- Conclusões

Contrariamente do que se observou na estação chuvosa, na imagem representativa do período seco, não se registrou ilha de calor de superfície na malha urbana de Presidente Prudente, pois as temperaturas dos alvos foram aproximadamente as mesmas sobre o urbano e o rural.

Verificou-se claramente que na estação seca, no solo com predomínio de pastagens (baixas herbáceas) as temperaturas se apresentaram muito parecidas com o ambiente construído, devido à ausência de água no solo. As áreas mais quentes foram registradas em algumas parcelas de solos descobertos no campo, enquanto as superfícies com as menores temperaturas corresponderam às áreas com matas de galerias e em alguns bairros da cidade, àqueles mais arborizados, foram registradas as temperaturas de superfície intermediárias.

Diferentemente do que se pode inicialmente imaginar, as ilhas de calor superficiais nos ambientes urbanos, diagnosticadas por meio das imagens de satélite, não possuem altas magnitudes durante todos os períodos do ano. As ilhas de calor superficiais urbanas são mais evidentes durante os períodos do ano quando são registradas precipitações que resultam em presença de vegetação mais vigorosa nas áreas rurais.

Sob condições atmosféricas que prevalecem a estabilidade e baixos totais de precipitação no período que antecede a tomada das imagens, há diminuição da massa vegetal a partir da perda de parte das folhas da cobertura arbórea e exposição do solo devido à diminuição da cobertura vegetal rasteira, interferindo no balanço de energia - albedo, praticamente igualando as temperaturas dos alvos rurais aos urbanos.

5- Referências

AMORIM, M. C. C. T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins** (Paris), v.7, p.1-16, 2009 (a).

AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J.L.; DUBREUIL, V.. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 43, p. 65-80, 2009 (b).

AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, A. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. **Confins (Paris)**, v. 13, p. 1-18, 2011.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) - BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 29-45, 2015.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 28, p. 39-64, 2014.

COLL, M. *et al.* The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. **PLoS ONE** 5, e 11842, 2010.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

MENDONÇA F., DUBREUIL V. L'étude du climat urbain au Brésil: Etat actuel et contribution de la télédétection; in **Environnement et télédétection au Brésil**, Presses Universitaires de Rennes, p.135-146, 2002.

MONTEIRO C. A. de F. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP. Climatologia, 1, 1971. 21p.

VOOGT, J. A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates, **Remote Sensing of Environment**, 86, 370-384, 2003.

WENG, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Bethesda, v.69, n.5, p.555-566, 2003.